巩固黑土地粮仓 保障国家粮食安全

李保国[1*] 刘 忠[1] 黄 峰[1] 杨晓光[2] 刘志娟[2] 万 炜[1] 汪景宽[3] 徐英德[3] 李子忠[1] 任图生[1]

1 中国农业大学 土地科学与技术学院 北京 100193
2 中国农业大学 资源与环境学院 北京 100193
3 沈阳农业大学 土地与环境学院 沈阳 110866

摘要 粮食安全是国家安全的重要保障。东北黑土区是我国重要的商品粮生产基地，在保障国家粮食安全中起到“压舱石”的作用。但由于该区域耕地的高强度、不合理或过度利用造成了严峻的黑土退化问题。因此，如何使黑土地粮仓高效、可持续地为国家粮食安全提供保障，是当前亟待解决的科学问题。文章系统梳理了改革开放以来黑土地粮仓的农业发展状况；在此基础上，系统总结了黑土地粮食生产可持续发展所面临的问题，并结合中央对东北地区农业生产要求，提出了协调粮食安全和生态安全、增强粮食生产可持续发展的相应对策。以期为东北黑土区农业可持续发展提供参考，为国家粮食战略部署、农业政策制定及国家粮食安全稳固等提供科学指导。

关键词 黑土地，粮食安全，黑土地粮仓，土地退化

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20210706003

我国东北平原行政区域涉及辽宁省、吉林省、黑龙江省和内蒙古自治区东部的赤峰市、通辽市、兴安盟、呼伦贝尔市（以下简称“内蒙古东四盟市”）；该区域集中分布着富饶的黑土类型土壤，是世界四大黑土区之一，非常适合于农耕。东北地区现有耕地 3.59×10^{7} ha[1,2]，粮食产量占全国粮食总产的近 1/4，输出的商品粮占全国商品粮总量的 1/3，是名副其实的“第一粮仓”；由于在国家粮食安全中起着举足轻重的作用，东北地区被称作我国粮食安全的“压舱石”。近年来，东北地区粮食综合生产能力不断提高，国家粮食安全“压舱石”的地位持续巩固；但是，当前黑土地可持续利用中已凸显和隐含的一系列科学问题受到越来越多的关注，特别是长期高强度利用下黑土地质量退化的问题日益严重[3,4]。因此，如何保障未来黑土地粮仓在国家粮食安全中的地位，事关国家粮食安全，已成为国家发展战略中的重大问题，

*通信作者
资助项目：国家重点研发计划（2016YFD0300801），中国农业大学“2115人才工程”（1191-00109011）
修改稿收到日期：2021年9月24日

挑战性巨大。

1 改革开放以来黑土地粮仓农业发展状况

（1）粮食播种面积和产量持续上升，最大粮食生产基地和商品粮基地的地位稳固。1980 年以来，东北地区粮食播种面积由 1.55×10^7 ha 增加到 2019 年的 2.85×10^7 ha，粮食总产量由 1980 年的 3.70×10^7 t 提高到 2019 年的 16.54×10^7 t（图 1）。1980 年，东北地区粮食总产量约为全国粮食总产量的 12%，到 2019 年已经提高到接近 25%；商品粮输出率接近全国商品粮的 1/3，成为我国最大的粮食生产基地和商品粮基地。

（2）粮食生产结构变化显著，高产作物占比突出。改革开放初期，东北地区粮食作物以玉米、大豆、小麦和水稻为主。其中，玉米播种面积占粮食播种面积的 35%，是第一大粮食作物；大豆播种面积占粮食播种面积的 19%，是传统的优势粮食作物；小麦播种面积占粮食作物播种面积的 16%，在大兴安岭山麓平原及三江平原有较大规模的种植；水稻播种面积占粮食播种面积的 6%，主要散布在松嫩平原和辽河平原的低洼湿地。此外，高粱、谷子、荞麦、燕麦和各种杂豆等杂粮也有较大比例的种植，占当年粮食作物播种面积的 21%（图 2）。改革开放后，随着国家对东北地区粮食生产要求的不断提高，该地区粮食作物种植结构经历了较大调整：产量较低的小麦和杂粮面积逐步缩减，代之以单产水平更高的玉米和水稻；同时，新增播种面积中，也以玉米和水稻为主。2001 年中国加入世界贸易组织（WTO）后，东北大豆受到严重冲击，种植面积下滑严重。在大豆补贴等政策支持下，大豆种植面积在 2016 年以后逐渐恢复。2019 年，玉米、水稻和大豆播种面积占粮食作物播种面积的比例分别为 54%、22% 和 20%，小麦播种面积占粮食播种面积的比例不到 0.3%（图 2）。粮食播种面积在空间上形成了玉米比重最大、稻谷局部占优、大豆恢复性增长、小麦和杂粮全面缩减的粮食种植结构。

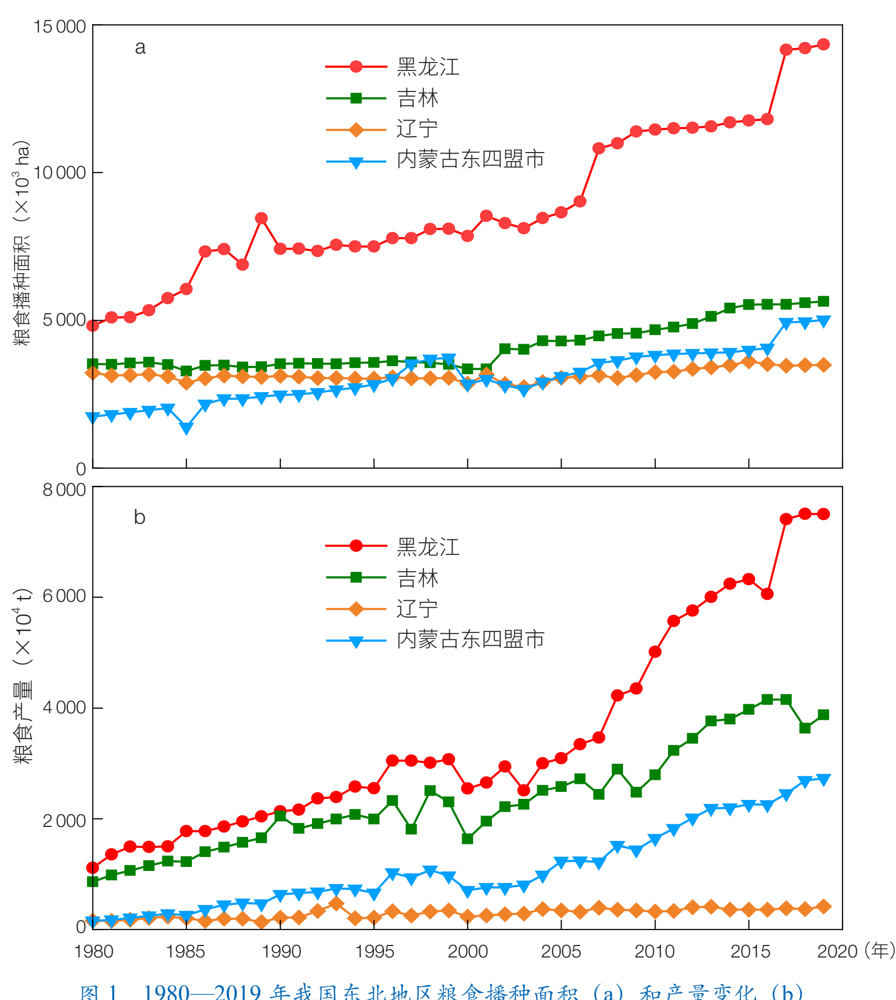


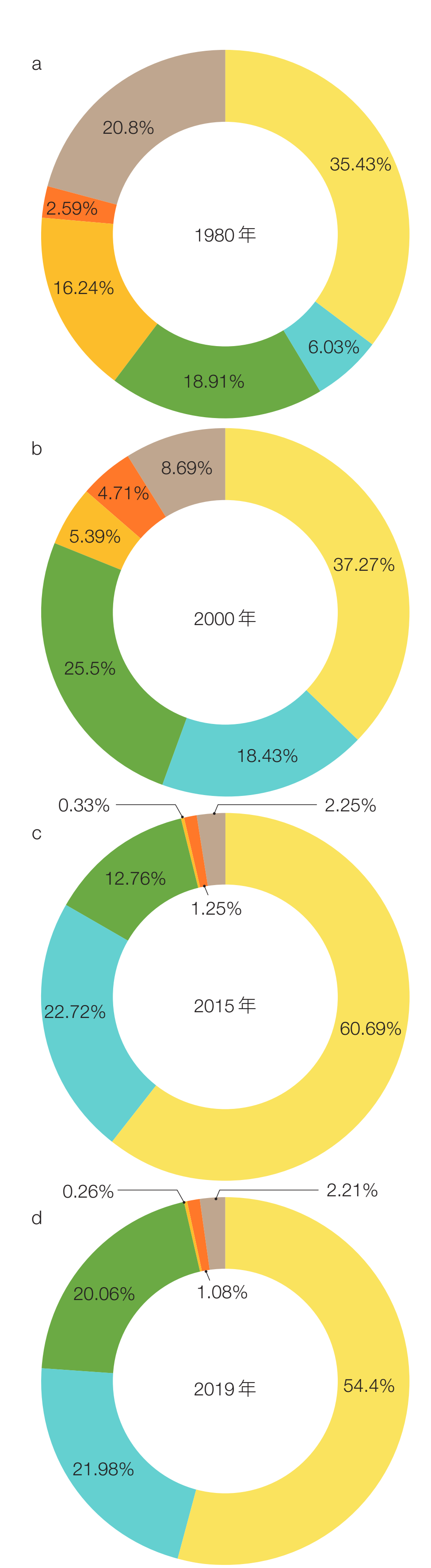
图 1　1980—2019 年我国东北地区粮食播种面积（a）和产量变化（b）

Figure 1　Changes of grain sown area (a) and grain yield (b) in Northeast China from 1980 to 2019

数据来源：黑龙江省、吉林省、辽宁省和内蒙古自治区的统计年鉴

Data source: Statistical Yearbooks of Heilongjiang, Jilin, Liaoning and Inner Mongolia

（3）各省份粮食生产能力分化明显，黑龙江省和内蒙古东四盟市增产幅度大。东北地区各省份的粮食生产区域差异明显。辽宁省粮食播种面积由 1980 年的 3.22×10^6 ha，提高到 2019 年的 3.49×10^6 ha；粮食产量由 1980 年的 1.22×10^7 t，



提高到 2019 年的 2.42×10^7 t。40年间播种面积和产量分别增加了 8.30% 和 98.92%。黑龙江省粮食播种面积从 1980 年的 7.32×10^6 ha 发展到 2019 年的 14.34×10^6 ha，粮食产量由 1.46×10^7 t 上升到 7.50×10^7 t，分别增长了 95.92% 和413.10%，是东北地区粮食产量提升最多的省份。吉林省粮食播种面积由 1980 年的 3.52×10^6 ha，提高到 2019 年的 5.64×10^6 ha，粮食产量由 0.86×10^7 t 上升到 3.88×10^7 t，产量增加了 351.10%。内蒙古东四盟市粮食播种面积由 1980 年的 1.39×10^6 ha 上升到 2019 年的 5.02×10^6 ha，粮食产量由 0.23×10^7 t 提高到 2.73×10^7 t，粮食产量提高了 1 096.70%，是东北地区粮食产量提升最快的区域（图 1）。

（4）农业机械化水平提高显著，有力支撑了粮食生产的现代化。从 1980 年到 2019 年，东北地区农业机械总动力由 1.79×10^7 kW 上升到 14.61×10^7 kW，增加了约 7 倍；尤其是 2003 年以后，农业机械总动力增加速度明显加快，这与我国 2003 年以后粮食播种面积企稳回升及农业现代化水平稳固提高的趋势一致（图 3）。与粮食播种面积变化不同，农业机械总动力年际波动小，总体平稳上升。区域内，黑龙江省的农业机械总动力增速最快，辽宁省和内蒙古东四盟市增加较为平稳。以辽宁省为例，1980—2019年粮食播种面积变化不大，但其农业机械总动力持续上升，这显示东北地区农业机械化水平显著提高，有力地促进了粮食生产现代化进程。

2 黑土地粮仓粮食生产可持续发展面临的问题

2.1 黑土质量退化严重，粮食安全可持续性隐患明显

黑土地经过多年的高强度利用以后，面临着不同程度的退化。由于气候、区位、开发年限、资源禀赋和利用方式的不同，东北黑土地退化的程度和表现不尽相同，但共同特征是黑土层在“变薄、变瘦、变硬”。黑土层厚度每年下降 2—10 mm，耕层有机质含量比开垦初期下降了 40% 以上，50% 的农田存在紧实的犁底层、碱化层、白浆层等障碍层次。

（1）“变薄”。东北自黑土区开垦以来，在水蚀、风蚀和冻融侵蚀的作用下，黑土层厚度在逐渐变薄；初垦时黑土层平均厚度 70 cm 左右，

图 2　1980—2019 年我国东北地区粮食种植结构变化
Figure 2　Changes of grain planting structure in Northeast China from 1980 to 2019
（a）1980 年；（b）2000 年；（c）2015 年；（d）2019 年；数据来源：黑龙江省、吉林省、辽宁省和内蒙古自治区的统计年鉴
(a) 1980; (b) 2000; (c) 2015; (d) 2019; Data source: Statistical Yearbooks of Heilongjiang, Jilin, Liaoning and Inner Mongolia

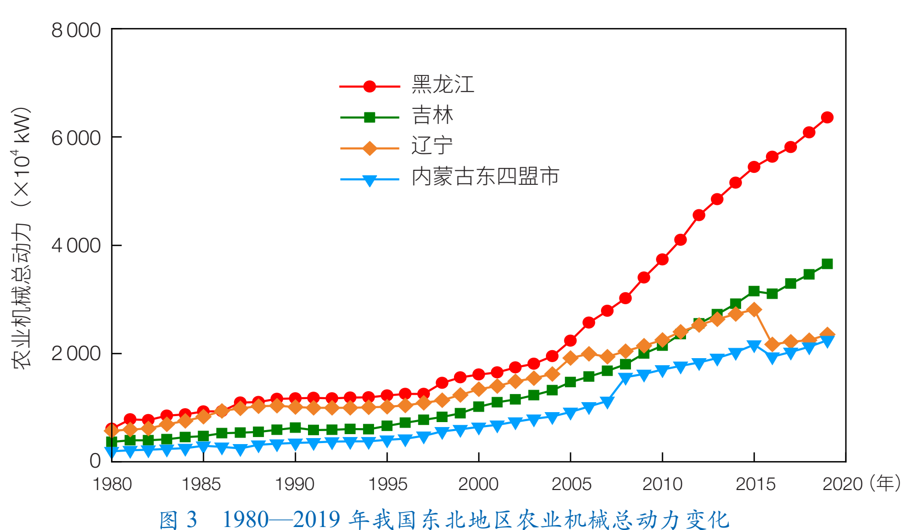


图 3　1980—2019 年我国东北地区农业机械总动力变化

Figure 3　Changes of total power of agricultural machinery in Northeast China from 1980 to 2019

数据来源：黑龙江省、吉林省、辽宁省和内蒙古自治区的统计年鉴

Data source: Statistical Yearbooks of Heilongjiang, Jilin, Liaoning and Inner Mongolia

目前大部分在 40 cm 以下，侵蚀严重的地方则不足 20 cm[5]，有的甚至出现了“破皮黄”。

（2）“变瘦”。开垦前黑土耕层的有机质含量高达9%，开垦以后黑土耕作层的有机质含量在逐渐下降，20 年后降低了 1/3。目前，黑龙江省、内蒙古东四盟市、吉林省和辽宁省黑土耕层有机质的平均含量分别为 3.6%、3.4%、2.5% 和 1.7%[6]。

（3）“变硬”。容重是直观反映土壤紧实度的指标。已有研究表明，自然黑土的容重范围为 0.80—1.00 g/cm^3（平均 0.90 g/cm^3）；全国第二次土壤普查（1982年）时，黑土耕层的容重为 1.00—1.10 g/cm^3（平均1.05 g/cm^3），而目前黑土耕层的容重已增加到 1.25—1.30 g/cm^3（平均 1.28 g/cm^3），有些地方甚至超过了1.40 g/cm^3[7]。

黑土地质量退化的直接后果就是耕地生产潜力下降[8]。为了维持黑土地的生产能力，农民不得不加大化肥等生产资料的投入。1980—2019年，东北黑土区的化肥施用量由 4.57×10^6 t 上升到 7.38×10^6 t。化肥投入的增加与土壤的持续透支性利用，不仅降低了农民种粮的收益，也进一步加剧了黑土地退化。

2.2 粮食总产的增加是以作物结构调整为主，增产质量不高

从图 1 可以看出，东北地区粮食产量的增加与粮食作物播种面积的增加高度相关。尤其是 2003 年以来，粮食增产的主要贡献来源于粮食播种面积的增加、低产作物比重下降和高产作物比重上升的结构调整[9]。

粮食播种面积和作物结构主导了东北地区的粮食生产能力和粮食安全形势。以黑龙江省为例，2016 年黑龙江省重点调减了玉米种植面积，增加大豆种植面积。在粮食播种面积基本保持稳定的情况下，黑龙江省 2016 年玉米面积占比由 2015 年的 52% 下降为 46%，大豆面积占比由 19% 上升为 23%，导致同期的粮食产量下滑 2.62%。此后 2017—2019 年，粮食播种面积显著增加，才逐步抵消了结构调整带来的产量下降。

2.3 种植结构单一化和粗放管理，加剧黑土地退化与环境污染的风险

2003 年以来，东北地区粮食增产主要依靠粮食播种面积的大幅度增加和种植结构向高产的玉米与稻谷调整两个方面[9]。目前的种植结构中，玉米与水稻的播种面积占到粮食播种面积的 3/4 以上；其中，玉米播种面积占比超过 54%，形成了玉米在区域上绝对占优、水稻局部占优的种植格局。

水稻是东北地区仅次于玉米的第二大作物，播种面积占粮食播种面积 22%。1980 年水稻种植主要分布于辽河平原南部，以及少量分布于松嫩平原东部地区和三江平原。水稻种植区年降水量在 400—550 mm。2019 年，松嫩平原东部和三江平原水稻种植面积快速增长，目前已成为东北水稻主产区。过去 40 年间，水稻种植的 80% 扩张面积分布在年降水量 500 mm 以下的松嫩平原东部和三江平原地区。其中，松嫩平原在

年降水量小于350 mm的区域内水稻种植面积也出现了显著增长，增长面积占比达到22%。东北水稻面积迁移特性与区域降水变化的时空响应关系并不密切[10]。水稻的大面积种植带来了生产用水与生态用水的矛盾。目前，由于农业耗水大量增加，东北地区的自然湿地面积大幅度缩小，仅为开发种稻前的一半，且出现碎片化。水稻大面积种植，造成生态用水紧张的同时，也导致地表水和浅层地下水污染，威胁粮食安全的可持续发展。由于松嫩平原稻田多分布于盐碱地，为保障秧苗正常生长，除泡田排水、晒田排水外，在插秧前还要进行大规模的洗盐排水。因此，松嫩平原水稻区的水陆交换更为频繁，单位面积水田的面源污染输出负荷可达旱地的521倍[11]。

另外，单一作物连作且比重增大，加剧了土壤养分的不平衡吸收和土壤结构恶化，进而加速黑土地土水资源质量的退化。

2.4 局部地区水资源过度开发，危及区域生态安全

全球变化背景下，近30年黑土区降水量减少且降水年际间和年内波动性大[12]，降水量和水资源量的极其不稳定直接影响粮食安全用水的保障程度。辽宁省地表水资源和水资源总量的年际差异最大，其次是黑龙江省和吉林省。近20年来，与全国农业用水占比明显下降的趋势相反，黑土区农业用水占比大幅上升，这直接反映了该区域农业生产比重的明显上升，其中最为明显的是黑龙江省和内蒙古东四盟市。农田灌溉面积发展迅速是该区域农业用水增加的主因，但节水灌溉技术推广应用严重滞后，造成水资源大量浪费。全区灌溉农田占耕地比例增幅57%，节水灌溉面积占灌溉面积的增幅仅28%。在用水效率方面，粮食用水效率进步明显，但仍有较大的提升空间。

近20年来，黑土区粮食作物水分生产力有了巨大提升，提高幅度均在50%以上。总体上，辽宁省和吉林省的粮食作物的水分生产力较高，吨粮耗水均在600—700 m^3；黑龙江省的吨粮耗水也将有望降低到1 000 m^3。从不同作物来看，黑土区玉米水分生产力在过去20年有显著提高，提升幅度为40%—70%。黑土区曾是我国大豆主产区，但随着近20年来大豆面积和产量大幅度缩减，其水分生产力提高的幅度不甚明显。大豆属高耗水作物，在当前“双循环”新发展格局要求下，黑土区大豆种植重新扩张。但是，如要维持较高的产量水平，需要有相应的灌溉水资源支持，同时需要大力提高其水分生产力。内蒙古东四盟市降水和作物需求不匹配，近年来农田灌溉扩张过快，造成对地下水的大量开采。由此导致了一系列生态环境问题[13]，需要引起高度重视，并采取坚决措施压减该区域的农田面积。

2.5 全球气候变化，导致东北地区农业生产不确定性增加

在全球气候变化的背景下，近30年东北地区气温整体呈升高趋势，年平均气温每10年升高0.38℃，显著高于全球及全国平均水平。作物生长季内≥10℃的积温呈增加趋势，每10年增加46.7℃·d，而降水量总体呈减少趋势且年际波动增大；太阳总辐射量呈增加趋势，每10年增加29.5 $MJ \cdot m^{-2}$。干旱、洪涝、高低温和大风等极端天气气候事件发生的频率和强度增加，特别是每年7—8月台风频繁登陆往往导致农作物大量倒伏，严重威胁农业生产[14-16]。

气候变化对东北地区农业的影响利弊共存；但若不采取相应措施，气候变化对东北地区农业的影响总体是不利的。分析表明，气候变化背景下，东北地区春玉米、单季稻和大豆潜在产量每10年降低0.33、0.26和0.06 $t \cdot ha^{-1}$[17,18]。同时，受极端天气气候事件增加和气候变化影响，单产波动性和不确定性加大，生产风险增加。如果针对性地采取适应措施，气候变化对东北地区农业的影响总体是有利的。例如，热量资源增加使作物可能生长季延长，玉米和水稻等作物可种植区域向北、向高海拔地区推移，其可能种植区域扩大；尤其是生育期更长的中晚熟玉米品种可种植区

域向北推移，为作物种植布局调整带来了新机遇。

3 协调粮食安全和生态安全、增强粮食生产可持续性的对策

2020年7月，习近平总书记在吉林考察时，要求“采取有效措施切实把黑土地这个‘耕地中的大熊猫’保护好、利用好，使之永远造福人民”。习近平总书记还多次强调：“确保国家粮食安全，把中国人的饭碗牢牢端在自己手中。”根据《全国农业可持续发展规划（2015—2030年）》，东北地区属于农业优化发展区，须在确保粮食等主要农产品综合生产能力稳步提高的前提下，保护好农业资源和生态环境，实现生产稳定发展、资源永续利用、生态环境友好。

从资源利用潜力上来讲，若保住优质的黑土地资源，并保证水资源的有效供给，东北地区粮食生产还有较大的潜力。经测算：近30年春玉米全区平均潜在产量为22.4 $t·hm^{-2}$，地区间差异明显，变化范围为16.1—26.7 $t·hm^{-2}$；按玉米实际产量8.4 $t·hm^{-2}$计算，全区仍有62.5%的提升空间[19,20]。东北寒地水稻近30年全区光温潜在产量为20.4 $t·hm^{-2}$，变化范围15.8—25.1 $t·hm^{-2}$；按水稻实际产量10.5 $t·hm^{-2}$计算，全区仍有48.5%的提升空间[18]。大豆近30年全区平均潜在产量为5.5 $t·hm^{-2}$，变化范围为3.3—6.9 $t·hm^{-2}$；按实际产量1.9 $t·hm^{-2}$计算，全区仍有65.5%的提升空间。

然而，比较各作物全生育期降水量对作物需水量的匹配程度可以发现：① 玉米全生育期需水量383—633 mm，虽然东北地区年均降水量337—871 mm，但地区间差异较大；总体而言，玉米全生育期降水量540 mm以下的地区不能满足玉米需水量。② 大豆全生育期需水量全区平均为510 mm，大豆全生育期降水量全区平均为464 mm，生长季内水分亏缺46 mm；总体而言，在东北地区的西部和北部地区大豆生长季降水量低于500 mm的区域降水量不能满足大豆需水量。③ 水稻全生育期全区降水量平均为432 mm，在全生长季有淹水层管理条件下，需补充灌溉740—1020 mm；如采取干湿交替管理模式，全区平均需补充灌溉274 mm[21]。因此，在保证黑土地质量的基础上，农业水资源的有效供给和水分生产力的提高程度决定了黑土地粮仓粮食增产的潜力，需要对该区域粮食增产计划的水资源匹配条件和支撑能力进行权衡。

黑土区粮食生产稳定性或可持续性面临着2个主要的矛盾。*① 利用和保护的矛盾。*未来如何权衡利用和保护的关系，在多大范围、什么样的量级上、以什么样的时间节奏把握好利用与保护的矛盾，需要科学谨慎决策。*② 国家目标和农户需求的矛盾。*国家目标关注的不仅仅是粮食安全，也兼顾生态安全，更需要把粮食安全和生态安全作为一项长期目标。在农业生产经营活动中，农户关注的焦点是短期的经济效益，粮食安全和生态安全及其可持续性只是其经济活动的外部效应。显然，国家目标和农户目标只有很小的重叠，而大部分是矛盾的，甚至是对立的。这种矛盾，给东北黑土地粮仓可持续发展战略的顺利实施带来一定挑战。

针对国家发展对黑土地粮仓的需求，在世界百年未有之大变局，以及“双循环”新发展格局下，如何通过体制和机制创新，支撑东北黑土区粮食产能和农业农村现代化建设，实现“藏粮于地、藏粮于技”的国家战略目标，夯实粮食安全这一国家安全的重要基础，提出5个方面的对策建议。

3.1 政策、市场、技术三位一体，促进土地规模化经营，发展黑土地粮仓大农业

当前黑土地粮仓发展的主要问题在于保护和利用之间的矛盾。对于黑土地保护的重要性和紧迫性，无论是政府、科研人员还是生产经营者，都在一定程度上达成了共识；当前限制黑土地保护行动实施的主要因素在于土地的零散经营。一家一户的土地经营模式，不仅不利于协调黑土地利用和保护技术模式的形成和推广，而且不利于粮食生产的稳定性和抗风险能

力的提升，进而会影响黑土地粮仓的可持续发展。因此，政策、市场和技术体系三位一体，建立黑土地粮食生产的长效机制，共同加快土地流转，促进土地规模化经营，发展粮食生产大农业是黑土地粮仓农业发展的必由之路。

目前，东北黑土区的土地流转已经取得了一定的成效，也涌现了一批专业合作社和其他形式的合作组织，展示了规模化经营的良好前景，但是在土地流转方面依然遇到了诸多困难。制约土地流转和规模化经营的最大限制因素是农户在土地流转以后的社会保障和就业机会不配套。在我国传统的农村社会体系中，土地不仅是最重要的生产资料，同时也是最基本的农村社会保障，农户对于土地有很强的依赖心理。鼓励农户土地流转，就需要在政策上给予流转土地的农户一定形式的社会保障，解决农户的后顾之忧。同时，在产业布局上，须依托黑土地粮食生产的地域优势，延长农业产业链，给农户创造更多的就业机会，稳定土地流转的成效。

促进黑土地粮食可持续发展长效机制的建立，须充分发挥政策的引导作用、市场的资源配置作用和科技的提质增效作用。*在科技研发方面*，应鼓励科研机构与专业合作社合作，使科研成果更接地气。*在市场方面*，创新黑土地粮食生产的金融保险体系和信息化体系，稳定和促进黑土地粮食生产的可持续发展。*在政策方面*，须强化和细化现有的农业补贴和最低价收购政策，从而为土地流转、种植结构调整和保护性耕作的具体落实起到引导作用；同时，应在政府主导下，建立多部门多目标的协调机制，进而实现国家和农户双赢，生产和生态兼顾的多重目标。

3.2 协同政策、研发、市场和经营要素，加快黑土地保护性耕作模式推广

2017 年，农业部、国家发展和改革委员会、财政部、国土资源部、环境保护部和水利部联合制定了《东北黑土地保护规划纲要（2017—2030 年）》，提出到 2030 年，集中连片、整体推进，实施黑土地保护面积 2.5 亿亩，基本覆盖主要黑土区耕地。2020 年 2 月，农业农村部会同财政部制定了《东北黑土地保护性耕作行动计划（2020—2025 年）》，进一步明确了将东北地区玉米生产作为保护性耕作推广应用的重点，兼顾大豆、小麦等作物生产；力争到 2025 年，保护性耕作实施面积达到 1.4 亿亩，占东北地区适宜区域耕地总面积的 70% 左右。为实现上述行动计划和纲要，需要制定更为详细和有针对性的黑土地保护与利用的配套补贴、奖励、金融、产业和组织政策措施，鼓励农户、农民合作社、家庭农场等新型农业经营主体采取“梨树模式”等保护性耕作技术[22]实现国家和农户双赢的目标。

3.3 促进生产与生态的协调发展，优化“三生”用水规划

2019 年，黑土区粮食总产 16.54×10^7 t，2019 年黑土粮食吨粮耗水量 830 m^3，因此粮食总耗水量 13.73×10^{10} m^3。其中，来源于灌溉的耗水量 3.14×10^{10} m^3，除以灌溉水有效利用系数 0.598，得出灌溉毛取水量 5.25×10^{10} m^3，这与黑土区 5.20×10^{10} m^3 的农业用水量基本持平。未来（至 2035 年）黑土区在保障国家粮食安全的商品粮基地的地位还要加强的要求下，水资源能否保障是关键问题。本文根据 2019 年粮食产量的105%（即 17.37×10^7 t）为上限粮食产量，同时考虑到灌溉水有效利用系数和水分生产力提高的情景，黑土区粮食生产需要灌溉水量范围为 4.74×10^{10}—2.92×10^{10} m^3，而这 2 个值均未超出 2035 年国家制定的黑土区用水红线。因此，在未来不发生极端气候变化情景下，黑土区水资源完全能够满足粮食增产用水需求。在此大背景下，仍需着力协同生产（工农业）、生态（生态文明）、生活（城市化）用水需求，优化“三生”用水规划，实现粮食安全、生态和谐、经济社会发展的多赢目标。内蒙古东四盟市要坚决落实“以水四定”和“适水种植”的原则，严格按照本区域承载能力、可持续生态和粮食

安全的原则调减粮食种植面积，尤其是灌溉粮田的面积。

3.4 制定并实施东北地区作物生产应对气候变化的策略，建立灾害预警及防控技术体系

东北地区未来气候变化总体表现为热量资源增加、太阳总辐射和降水量减少，且极端天气和气候事件不确定性增加。未来气候变化热量条件改善对东北地区粮食生产有利，但与气候变暖相伴发生的极端气候变率增大则会明显增加干旱和低温冷害等灾害的发生频率，直接影响作物生产。因此，需充分考虑土壤条件、作物品种和生产水平等多方面因素，制定作物生产应对气候变化的策略。

针对气候变化背景下农业气象灾害加剧的趋势，建立健全气象灾害的预警及防控技术体系具有重要的现实意义。进一步提高天气预报和气候预测的准确性，可有效避免气候变化对农业生产带来的新变化而造成的损失。完善农业气象灾害监测评估的指标体系，准确掌握灾害的发生规律和影响程度，提升气象灾害的监测预警准确性，提前对灾害的发生强度和发生范围进行判断；并建立应急预案，以有效减少极端事件带来的产量和经济损失。今后黑土地粮仓区高标准农田建设，无论是水田还是旱田，一定要把农田排水系统建设放在首位且建设好、维护好，这是防治渍涝灾害和土壤水蚀的最有效措施；同时，做好气候变化介导的病虫害发生潜势预测和预警[23]，构建病虫害发生发展趋势的准确预测和预警体系，也是未来应对气候变化的重要内容。

3.5 科技研发保驾护航，实现黑土地粮仓可持续发展

在基础理论研究方面，应集中聚焦于创建黑土地“保、育、用”互作与协同的重大基础理论；在关键技术方面，着力攻克黑土退化阻控、地力培育和作物持续丰产高效的农艺、农机与水利相配套的关键核心技术，建立“天-空-地”一体的黑土地利用与保护监测网络，持续创新黑土地保护性利用的集成技术体系。

通过上述措施，以及全社会的共同努力，预期近 5 年内使黑土地粮仓的土壤退化得到有效遏制，土壤侵蚀率显著降低，土壤有机质含量适当提高。黑土区地力提升 0.5 个等级，粮食产能提高 2.50×10^7 t，经济效益提高 5%—10%。到 2030 年，黑土地粮仓的水土资源退化得到全面遏制，粮食产能比 2025 年再提高 5% 以上，届时将黑土区建成“丰产、稳产、高效、生态”的“第一粮仓”，切实保障国家粮食安全和生态安全。

参考文献

1 辛景树, 汪景宽, 薛彦东. 东北黑土区耕地质量评价. 北京: 中国农业出版社, 2017.

2 汪景宽, 李双异, 裴久渤, 等. 东北地区主要农田土壤有机碳动态变化及固碳潜力. 北京: 中国农业出版社, 2015.

3 梁爱珍, 李禄军, 祝惠. 科技创新推进黑土地保护与利用, 齐力维护国家粮食安全——用好养好黑土地的对策建议. 中国科学院院刊, 2021, 36(5): 557-564.

4 万炜, 李含微, 王佳莹, 等. 基于空间平滑法的旱作区粮食产量时空变化与影响因素研究. 农业工程学报, 2019, 35(16): 284-296.

5 张兴义, 刘晓冰, 赵军. 黑土地利用与保护. 北京: 科学出版社, 2018.

6 魏丹, 匡恩俊, 迟凤琴, 等. 东北黑土资源现状与保护策略. 黑龙江农业科学, 2016, (1): 158-161.

7 李胜龙, 李和平, 林艺, 等. 东北地区不同耕作方式农田土壤风蚀特征. 水土保持学报, 2019, 33(4): 110-118.

8 万炜, 邓静, 王佳莹, 等. 基于潜力衰减模型的东北-华北平原旱作区耕地生产力评价. 农业工程学报, 2020, 36(5): 270-280.

9 刘忠, 黄峰, 李保国. 2003—2011年中国粮食增产的贡献因素分析. 农业工程学报, 2013, 29(23): 1-8.

10 陈浩, 李正国, 唐鹏钦, 等. 气候变化背景下东北水稻的时空分布特征. 应用生态学报, 2016, 27(8): 2571-2579.

11 阎百兴, 欧洋, 祝惠. 东北黑土区农业面源污染特征及防治对策. 环境与可持续发展, 2019, 44(2): 31-34.

12 王延吉, 神祥金, 吕宪国. 1980—2015年东北沼泽湿地景观格局及气候变化特征. 地球与环境, 2020, 48(3): 348-357.

13 陈玉洁, 张平宇, 刘世薇, 等. 东北西部粮食生产时空格局变化及优化布局研究. 地理科学, 2016, 36(9): 1397-1407.

14 IPCC. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2013: 1-1552.

15 《第三次气候变化国家评估报告》编写委员会. 第三次气候变化国家评估报告. 北京: 科学出版社, 2015.

16 Liu Z J, Yang X G, Lin X M, et al. From dimming to brightening during 1961 to 2014 in the maize growing season of China. Food and Energy Security, 2021, 10(2): 329-340.

17 Liu Z J, Yang X G, Hubbard K G, et al. Maize potential yields and yield gaps in the changing climate of Northeast China. Global Change Biology, 2012, 18(11): 3441-3454.

18 Wang X Y, Li T, Yang X G, et al. Rice yield potential, gaps and constraints during the past three decades in a climate-changing Northeast China. Agricultural and Forest Meteorology, 2018, 259: 173-183.

19 刘志娟, 杨晓光, 吕硕, 等. 东北三省春玉米产量差时空分布特征. 中国农业科学, 2017, 50(9): 1606-1616.

20 刘志娟, 杨晓光, 吕硕, 等. 气候变化背景下东北三省春玉米产量潜力的时空特征. 应用生态学报, 2018, 29(1): 103-112.

21 Guo E J, Yang X G, Li T, et al. Does ENSO strongly affect rice yield and water application in Northeast China?. Agricultural Water Management, 2021, 245: 106605.

22 李保国, 王贵满. 东北地区的保护性耕作技术——梨树模式. 北京: 科学技术文献出版社, 2019.

23 霍治国, 李茂松, 王丽, 等. 气候变暖对中国农作物病虫害的影响. 中国农业科学, 2012, 45(10): 1926-1934.

Ensuring National Food Security by Strengthening High-productivity Black Soil Granary in Northeast China

LI Baoguo[1*] LIU Zhong[1] HUANG Feng[1] YANG Xiaoguang[2] LIU Zhijuan[2] WAN Wei[1]
WANG Jingkuan[3] XU Yingde[3] LI Zizhong[1] REN Tusheng[1]

（1 College of Land Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2 College of Resources and Environmental Science, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
3 College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China）

Abstract Food security is an important guarantee of national security. The northeast black soil region is an important commodity grain production base in China, which plays a fundamental role in ensuring national food security. However, the highly intensive, unreasonable or excessive use of cultivated land in this region has caused serious black soil degradation. Therefore, how to make the Black Soil Granary to provide efficient and sustainable guarantee for national food security is a scientific problem requiring urgent solutions. This paper systematically illuminates the agricultural development of high-productivity black soils since the reform and

*Corresponding author

opening-up. On this basis, the paper systematically summarizes the problems facing the sustainable development of grain production in the black soil region. Furthermore, to meet the requirements of the central government for agricultural production in Northeast China, it puts forward the corresponding countermeasures to coordinate food security and ecological security and to enhance the sustainable development of grain production, intending to provide reference for the sustainable agricultural development in the northeast black soil region, and offer scientific guidance for the strategic planning of national food industry strategy, agricultural policy making, and strengthening of national food security.

Keywords black soils, food security, Black Soil Granary, land degradation



李保国 中国农业大学土地科学与技术学院院长、特聘教授。美国土壤学会会士，美国农学会会士。主要从事土壤-土壤作物系统的定量化与土水资源利用研究，先后主持完成了区域水盐运动监测预报、华北平原节水农业、西北荒漠化综合防治优化模式、精准农业生产模型技术、东北黑土地保护性利用等项目课题。E-mail: libg@cau.edu.cn

LI Baoguo Distinguished Professor and Dean of the College of Land Science and Technology at China Agricultural University. Dr. Li is a fellow of the Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. He works on quantifying the soil-plant system and utilization of soil and water resources. As the principal investigator, he has presided over multiple research projects including Monitoring and Prognosis of Regional Water and Salt, Water Saving Agriculture of North China Plain, Optimization Model of Comprehensive Desertification Control in Northwest China, Modeling Technology in Precision Agriculture, and Conservational Management of Black Soil in Northeast China.
E-mail: libg@cau.edu.cn

■责任编辑：岳凌生